

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-146700

(43)Date of publication of application : 20.05.2004

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

H01L 31/04

(21)Application number : 2002-311821

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 25.10.2002

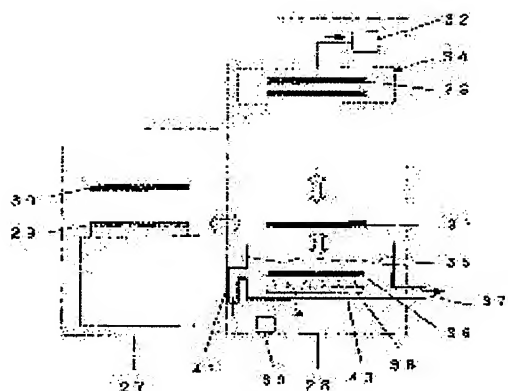
(72)Inventor : INOMATA YOSUKE

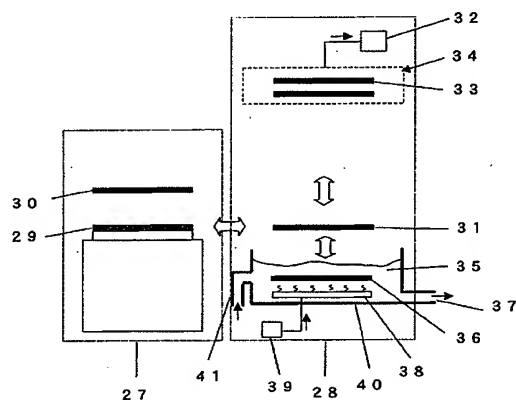
## (54) METHOD AND SYSTEM FOR ETCHING

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve stability and reliability when forming asperity on the surface of a substrate used for a solar cell, and so on.

SOLUTION: In an etching method, the surface of a substrate carried in an etching chamber is roughened by performing dry etching by introducing an etching gas in a state where the surface of the substrate is covered with a plate member through which many openings are formed and the inside of the etching chamber is evacuated. Before the inside of the etching chamber is evacuated, the plate member is cleaned.





## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

エッチングチャンバ内に搬入された基板の表面を開口部が多数形成されたプレート部材で覆って真空引きしてエッチングガスを導入してドライエッチング法で粗面状にするエッチング方法において、前記エッチングチャンバ内を真空引きする前に前記プレート部材を清浄化処理することを特徴とするエッチング方法。

## 【請求項 2】

前記清浄化処理がウェット洗浄と加熱の工程を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のエッチング方法。

## 【請求項 3】

エッチングチャンバ内に搬入された基板の表面を開口部が多数形成されたプレート部材で覆ってドライエッチングで粗面状にするエッチング装置において、前記基板を前記エッチングチャンバ内に搬入するロードチャンバと前記基板を前記エッチングチャンバから搬出するアンロードチャンバとを前記エッチングチャンバに隣接して設けるとともに、前記プレート部材を洗浄して前記ロードチャンバに搬送する洗浄部を設けたことを特徴とするエッチング装置。

## 【請求項 4】

前記基板をエッチングする前に前記エッチングチャンバ内を所定圧力まで予備排気するとともに、この予備排気にかかる時間を計測し、この時間が設定時間よりも長くなった場合は、前記プレート部材を前記洗浄部に搬送して洗浄することを特徴とする請求項 3 に記載のエッチング装置。

## 【請求項 5】

前記アンロードチャンバから搬出された基板の表面を画像処理して異常が発見された場合に、前記プレート部材を前記洗浄部に搬送して洗浄することを特徴とする請求項 3 に記載のエッチング装置。

## 【請求項 6】

前記洗浄部を真空容器で構成したことを特徴とする請求項 3 に記載のエッチング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は基板のエッチング方法とエッチング装置に関し、特に太陽電池などに用いられるシリコン基板等を粗面状にするエッチング方法とエッチング装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術および発明が解決しようとする課題】

太陽電池は入射した光エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。太陽電池のうち主要なものは使用材料の種類により結晶系、アモルファス系、化合物系などに分類される。このうち、現在市場で流通しているのはほとんどが結晶系シリコン太陽電池である。この結晶系シリコン太陽電池はさらに単結晶型、多結晶型に分類される。単結晶型のシリコン太陽電池は基板の品質がよいために高効率化が容易であるという長所を有する反面、基板の製造が高コストになるという短所を有する。これに対して多結晶型のシリコン太陽電池は基板の品質が劣るために高効率化が難しいという短所はあるものの、低コストで製造できるという長所がある。また、最近では多結晶シリコン基板の品質の向上やセル化技術の進歩により、研究レベルでは 18% 程度の変換効率が達成されている。

## 【0003】

一方、量産レベルの多結晶シリコン太陽電池は低コストであったため、従来から市場に流通してきたが、近年環境問題が取りざたされる中でさらに需要が増してきており、低コストでより高い変換効率が求められるようになった。

## 【0004】

太陽電池では、電気エネルギーへの変換効率を向上させるために従来から様々な試みがなされてきた。そのひとつに基板に入射する光の反射を低減する技術があり、表面での光の反

10

20

30

40

50

射を低減することで電気エネルギーへの変換効率を高めることができる。

【0005】

シリコン基板を用いて太陽電池素子を形成する場合、基板の表面を水酸化ナトリウムなどのアルカリ水溶液でエッチングすると、基板の表面に微細な凹凸が形成され、反射をある程度低減できる。面方位が(100)面の単結晶シリコン基板を用いた場合、このような方法でテクスチャ構造と呼ばれるピラミッド構造を基板の表面に均一に形成することができるものの、アルカリ水溶液によるエッチングは結晶の面方位に依存することから、多結晶シリコン基板で太陽電池素子を形成する場合、ピラミッド構造を均一には形成できず、そのため全体の反射率も効果的には低減できないという問題がある。

【0006】

このような問題を解決するために、太陽電池素子を多結晶シリコンで形成する場合に、その表面に微細な凹凸を反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching)法で形成することが提案されている(例えば特許文献1参照。)。すなわち、多結晶シリコンにおける不規則な結晶の面方位に左右されずに微細な凹凸を均一に形成し、多結晶シリコンを用いた太陽電池素子においても反射率をより効果的に低減しようとするものである。

【0007】

しかしながら、上述のような凹凸の形成条件は微妙であり、また装置の構造によっても変化する。凹凸を均一に形成できない場合は、入射した光を太陽電池に有効に取り込むことができず、太陽電池の光電変換効率は向上しない。個々の太陽電池の価値はその発電効率で決まることから、そのコストを低減するには、太陽電池の変換効率を向上させなければならない。

【0008】

また、反応性イオンエッチング法に用いられる装置は一般に平行平板電極型をしており、基板を設置している電極の側にRF電圧を印加し、他の一方の側および内部の側壁をアースに接続する。このチャンバ内部を真空引きしてエッチングガスを導入して圧力を一定に保持しながら被エッチング基板をエッチングし、エッチングが完了した後にチャンバ内部を大気圧に戻す。

【0009】

このような手順を踏むことから、反応性イオンエッチング装置では真空引きおよび大気リークの待ち時間が長い。また、反応性イオンエッチング装置はLSIなどの精密な小型半導体素子に用いられる場合が多いが、太陽電池に用いる際には太陽電池自身の面積が大きいため、1回あたりの処理枚数が少なく、製造コストが高くなるという問題があった。そのため反応性イオンエッチング装置を太陽電池の製造工程に用いる場合には、いかに高タクトで1回あたりの処理枚数を増やすかが重要なポイントである。

【0010】

タクトを向上させるための方法の一つとして、シリコン基板の表面にエッチング残渣を付着させながらエッチングして粗面化した後、このエッチング残渣を除去する方法をとるが、このエッチングの際にマスクとなる残渣を速く形成するために、エッチングされる基板を多数の開口部が形成されたプレート部材で覆ってエッチングする方法がある(例えば特願2001-298671号明細書参照)。この方法によれば凹凸の形成速度が速くなると同時に、バッチ内でのエッチングの均一性が向上し、1回あたりの処理枚数を増やすことができる。

【0011】

この方法でエッチングすると、プレート部材のシリコン基板側の表面にもエッチング残渣が付着する。プレート部材に付着したエッチング残渣は初期の間は問題ないが、長期間使用していると次第に堆積し、ついにはプレート部材から剥がれ落ちてしまう。シリコン基板上に残渣が剥がれ落ちるとその部分には凹凸が形成されないため、全体としてムラが発生する。

【0012】

10

20

30

40

また、ドライエッチングする際にはエッチングする直前に設定圧力になるまで予備排気する。これは直前まで大気にさらされていたシリコン基板やトレイなどに吸着したガスを吸引してエッチング条件に影響を及ぼさないようにするためである。プレート部材に残渣の付着が多くなると、大気にさらされた場合の水分等の付着が激しくなり、次回に予備排気するときの時間が長くなり、タクトが遅くなってしまうという問題が発生する。

【0013】

さらに、残渣の付着量が多くなるとエッチングされる残渣量も多くなることからエッチング条件の変化も生じる。するとエッチングされたシリコン基板の表面の外観がそれまでとは異なったものになってしまう。

【0014】

本発明はこのような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、半導体基板、特に太陽電池に用いられる基板の表面を高タクトで均一にエッチングする方法とその装置を提供することを目的とする。

【0015】

【特許文献1】

特公昭60-27195号公報

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1に係るエッチング方法では、エッチングチャンバ内に搬入された基板の表面を開口部が多数形成されたプレート部材で覆って真空引きしてエッチングガスを導入してドライエッチング法で粗面状にするエッチング方法において、前記エッチングチャンバ内を真空引きする前に前記プレート部材を清浄化処理することを特徴とする。

【0017】

上記エッチング方法では、前記清浄化処理がウェット洗浄と加熱の工程を含むことが望ましい。

【0018】

また、請求項3に係るエッチング装置では、エッチングチャンバ内に搬入された基板の表面を開口部が多数形成されたプレート部材で覆って真空引きしてエッチングガスを導入してドライエッチング法で粗面状にするエッチング装置において、前記基板を前記エッチングチャンバ内に搬入するロードチャンバと前記基板を前記エッチングチャンバから搬出するアンロードチャンバとを前記エッチングチャンバに隣接して設けるとともに、前記プレート部材を洗浄して前記ロードチャンバに搬送する洗浄部を設けたことを特徴とする。

【0019】

上記エッチング装置では、前記基板をエッチングする前に前記エッチングチャンバ内を所定圧力まで予備排気するとともに、この予備排気にかかる時間を計測し、この時間が設定時間よりも長くなった場合は、前記プレート部材を前記洗浄部に搬送して洗浄することが望ましい。

【0020】

また、上記エッチング装置では、前記アンロードチャンバから搬出された基板の表面を画像処理して異常が発見された場合に、前記プレート部材を前記洗浄部に搬送して洗浄することが望ましい。

【0021】

また、上記エッチング装置では、前記洗浄部を真空容器で構成することが望ましい。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を添付図面に基づいて詳細に説明する。

図1は本発明に係るエッチング方法とエッチング装置によって形成される太陽電池素子の構造を示す図である。図1において、1はシリコン基板、2は凹凸、3は受光面側の不純物拡散層、4は裏面側の不純物拡散層(BSF)、5は反射防止膜、6は表面電極、7は

10

20

30

40

50

裏面電極を示している。

【0023】

前記シリコン基板1は単結晶もしくは多結晶のシリコン基板である。この基板はp型、n型いずれでもよい。単結晶シリコンの場合は引き上げ法などによって形成され、多結晶シリコンの場合は鋳造法などによって形成される。多結晶シリコンは、大量生産が可能で製造コスト面で単結晶シリコンよりもきわめて有利である。引き上げ法や鋳造法によって形成されたインゴットを300 $\mu$ m程度の厚みにスライスして、15cm $\times$ 15cm程度の大きさに切断してシリコン基板となる。

【0024】

シリコン基板1の表面側には、入射する光を反射させずに有効に取り込むために凹凸2を形成する。これは真空引きされたチャンバ内にガスを導入して一定圧力に保持してチャンバ内に設けられた電極にRF電力を印加することでプラズマを発生させ、生じた活性種であるイオン・ラジカル等の作用によりシリコン基板1の表面をエッチングするものである。反応性イオンエッチング(RIE)法と呼ばれるこの方法は図2および図3のように示される。

【0025】

図2において、1はシリコン基板、8はマスフローコントローラ、9はRF電極、10は圧力調整器、11は真空ポンプ、12はRF電源、13はアース、14はチャンバである。装置内にマスフローコントローラ8部分からエッチングガスを導入するとともに、RF電極9からRF電力を供給することでプラズマを発生させてイオンやラジカルを励起活性化して、RF電極9の上部に設置したシリコン基板1の表面に作用させてエッチングする。

【0026】

発生した活性種のうち、イオンがエッチングに作用する効果を大きくした方法を一般に反応性イオンエッチング法と呼んでいる。類似する方法にプラズマエッチング法などがあるが、プラズマの発生原理は基本的に同じであり、シリコン基板1に作用する活性種の種類の分布をチャンバ構造、電極構造、あるいは発生周波数等により異なる分布に変化させているだけである。そのため、本発明は反応性イオンエッチング法に限らず、プラズマエッチング法全般に対して有効である。

【0027】

本発明では、例えば塩素( $\text{Cl}_2$ )を0.115slm、酸素( $\text{O}_2$ )を0.555slm、 $\text{SF}_6$ を0.491slm流しながら、反応圧力7Pa、プラズマを発生させるRFパワー6kWで5分間程度エッチングする。これによりシリコン基板1の表面には凹凸2が形成される。シリコンはエッチングされると基本的には気化するが、一部は気化しきれずに分子同士が吸着してシリコン基板1の表面に残渣として残る。つまり、シリコン基板1の表面を反応性イオンエッチング法および類似のドライエッチング法で粗面化する際に、エッチングされたシリコンを主成分とするエッチング残渣をシリコン基板1の表面に再付着させる速度を促進させ、これをエッチングのマイクロマスクとして利用することでシリコン基板1の表面に凹凸2を形成するものである。なお、このエッチング残渣は最終的には除去される。

【0028】

また、ガス条件、反応圧力、RFパワーなどをシリコンのエッチング残渣がシリコン基板1の表面に残るような条件に設定すると、凹凸2を確実に形成することができる。ただし、その凹凸2のアスペクト比は最適化する必要がある。逆に、シリコン基板1の表面にエッチング残渣が残らないような条件では凹凸2を形成することは困難である。

【0029】

本発明では、シリコン基板1を多数の開口部20が形成されたプレート部材15で覆ってエッチングする。このようなプレート部材15を用いることによって、エッチング残渣の生成を促進させ、これに伴って凹凸2の形成を促進させる。

【0030】

図 3 にプレート部材 15 の一例を示す。図 3 おいて、15 はプレート部材、16 は開口部、17 は側壁を示す。このプレート部材 15 はアルミニウムやガラスなどからなる。プレート部材 15 の加工のし易さという面では金属が好ましいが、ステンレスなどはシリコンをエッチングするガスに曝されると腐食するために不適である。一方、エッチング中はプラズマに曝されるために発熱する。この温度は条件によって大幅に変わるが、プラズマに曝されると温度が上昇し、エッチングが終了すればシリコン基板 1 を大気中で取り出すため、温度の上下動に耐えうる材質のものであることが好ましい。そのため、プラズマに曝される場合にはガラス材などが望ましい。

#### 【0031】

図 4 にプレート部材 15 とシリコン基板 1 の設置方法の一例を示す。図 4 において、18 は基板トレイ、19 は絶縁体、20 は開口部、21 はチャンバ壁を示す。プレート部材 15 とシリコン基板 1 とは、5～30 mm の間隔に保持してエッチングすることが望ましい。このようにすることで、エッチングの際に生成して揮発するシリコン化合物からなる残渣をシリコン基板 1 とプレート部材 15 の間に閉じ込める効果が生じ、残渣が基板 1 上に生成しやすくなり、残渣の形成を促進できると同時に、凹凸 2 の形成を促進できる。このプレート部材 15 とシリコン基板 1 の間隔が 5 mm 以下ではプレート部材 15 の開口部 20 が凹凸 2 を形成する際にシリコン基板 1 の表面に模様として転写されてムラとなる。また、30 mm 以上では残渣を速く形成して凹凸 2 の形成を促進する効果が弱くなる。

#### 【0032】

このようにエッチングされるシリコン基板 1 をプレート部材 15 で覆うことで残渣の形成を加速して凹凸 2 の形成を早めることができるが、残渣がシリコン基板 1 上に生成すると同時にプレート部材 15 のシリコン基板 1 側の表面にも付着する。プレート部材 15 のシリコン基板 1 側の表面に付着した残渣が多くなると上述したようなさまざまな問題が発生する。

#### 【0033】

本発明においては、プレート部材 15 のシリコン基板 1 側の表面にある一定量以上の量のエッチング残渣が堆積する前に清浄化処理する。この清浄化処理はチャンバ内にトレイを搬入する前に大気側で行う。

#### 【0034】

この清浄化処理は、ウェット洗浄と加熱の工程を含むことが望ましい。ウェット洗浄は扱いやすさの点から水洗で行うことが望ましい。この水洗は超音波洗浄やジェット噴霧などの方法を用いることができる。また、水洗でも除去しにくい場合には洗浄剤を加えることも有効である。

#### 【0035】

このウェット洗浄を行った後に加熱処理する。この加熱処理はエッチングチャンバ内でシリコン基板 1 をエッチングする際に、エッチング状態を速やかに安定化させて装置のトータルタクトを向上させるために行う。

#### 【0036】

また、プレート部材 15 をウェット洗浄した後には乾燥させる必要があるが、この乾燥は加熱処理と兼用してもよいし、別工程で行ってもよい。この乾燥は単に加熱処理をしてもよいし、例えばエアーや窒素などの気体をブローするか、これらを併用してもよい。また、スピンドライですることも可能である。

#### 【0037】

図 5 はプレート部材を洗浄する洗浄部を設けたエッチング装置の構成を示す図である。図 5 において、22 はロードチャンバ、23 はエッチングチャンバ、24 はアンロードチャンバ、25 はトレイ取り出し部、26 はトレイ投入部、27 は基板供給収納部、28 は洗浄部を示す。

#### 【0038】

この装置では、プレート部材の洗浄部と加熱部をエッチング装置に組み込んでいる。これにより作業に無理がなくなるとともに、加熱したプレート部材 15 を冷える前にすぐにエ

10

20

30

40

50

エッチングチャンバ２３に投入できるようになるため、プレート洗浄及び加熱の機構を有効に活用することができるようになる。

#### 【００３９】

本発明におけるエッチング装置では、エッチングチャンバ２３での予備真空排気時間をモニターし、この時間がある設定時間より長くなったときにプレート部材１５を自動で搬出して清浄化処理工程に投入するようにすることが望ましい。このように構成することで連続運転中に不用意にエッチング条件が変化することを防止することができ、安定して連続稼動が可能となる。プレート部材１５に残渣が大量に付着するようになると、残渣へのガスの吸着量が次第に増加するために真空引き、特にエッチングチャンバ２３における予備高真空排気（エッチング前の排気）の時間が長くなり、連続運転すると装置のタクトが低下するが、本発明ではこのような問題を解消できる。

10

#### 【００４０】

また、本発明においては、基板供給収納部２７において基板を収納する際にエッチング表面の画像処理を行い、シリコン基板の表面にごみが載っている場合やエッチング後の色が設定した範囲外である場合などの異常があれば、このシリコン基板を形成する際に用いたプレート部材を自動で清浄化処理工程に入れることが望ましい。このように構成することで、プレート部材に付着した残渣が基板上に落ちて連続してムラが発生することが防止できる。

#### 【００４１】

また、プレート部材に付着した残渣が多くなりすぎて吸着ガス量が増大し、エッチング条件が変化するようになった場合にも、プレート部材１５を自動で清浄化処理工程へ投入することで、連続運転時に連続して規定外のエッチングを行ってしまうことを防ぐことができる。

20

#### 【００４２】

図６にこの清浄化処理工程の一例を示す。図６において、２７は基板供給収納部、２８はプレート部材洗浄部、２９は基板供給収納位置、３０はプレート部材退避位置、３１はプレート部材移動位置、３２は真空ポンプ、３３は吸着水分除去位置、３４は真空槽、３５は水、３６は水洗位置、３７は排水部、３８は熱風噴出部、３９は熱風発生部、４０は水洗層、４１は給水部を示す。

#### 【００４３】

前記清浄化処理工程では真空引き機能を持たせることが望ましい。清浄化処理したプレート部材は表面に水分が吸着しているため真空引きが遅くなりやすいが、このように構成することで清浄化処理工程で処理された直後のプレート部材を載せた基板トレイがエッチングチャンバで予備高真空排気を行う際に真空引きが早くなる。

30

#### 【００４４】

しかしながら、前述のように真空引き時間が長い場合にプレート部材を自動で清浄化処理工程に投入するように構成しても、清浄化処理を行った後、別途設定したバッチ数の間は当該プレート部材は清浄化処理工程には投入しないようインターロックを設けることが望ましい。清浄化処理工程投入直後のプレート部材を載せた基板トレイは通常運転中のものに比べて真空引きが遅いためインターロックを設けないと、清浄化処理工程投入直後のプレート部材が繰り返し洗浄工程に投入されてしまうからである。

40

#### 【００４５】

エッチングを終えて供給収納部２７に戻ってきたトレイは供給収納位置２９に設置される。基板を供給収納するために、プレート部材はプレート部材退避位置３０に移動させる。このプレート部材を清浄化処理するときはプレート部材移動位置３１に移動させ、別途搬送機により水洗位置３６に移動させる。水洗槽４０には水３５が入れてあり、プレート部材はこの水洗槽４０中に入れられてウェット洗浄される。水洗槽４０中の水３５は給水部４１から給水され、排水部３７から排出される。水洗槽４０で水洗している最中はシャワーやジェット水流、攪拌等を併用すると効果的である。水洗槽４０中でウェット洗浄により清浄化処理を行った後、水洗槽４０中の水３５は排水され、乾燥工程に入る。熱風発生

50



部 3 9 で発生した熱風を熱風噴出部 3 8 から噴出させてプレート部材に当てて乾燥する。乾燥したプレート部材は真空槽 3 4 中の吸着水分除去位置 3 3 に移動し、密閉されてポンプ 3 2 により真空引きされる。なお、真空引きと同時に加熱処理する（不図示）ことが望ましい。

【 0 0 4 6 】

【発明の効果】

以上のように、請求項 1 に係るエッチング方法によれば、加工される基板の表面を開口部が多数形成されたプレート部材で覆ってドライエッチング法で粗面状にする基板のエッチング方法において、上記エッチングチャンバ内を真空引きする前に上記プレート部材を清浄化処理することから、エッチングチャンバにおける真空引き時間の増長や、基板表面のエッチングムラ、基板表面の規定外のエッチング形状等の問題を回避することができるようになる。

10

【 0 0 4 7 】

また、請求項 3 に係るエッチング装置によれば、エッチングチャンバ内に搬入された基板の表面を開口部が多数形成されたプレート部材で覆ってドライエッチングで粗面状にするエッチング装置において、上記基板を前記エッチングチャンバ内に搬入するロードチャンバと上記基板を上記エッチングチャンバから搬出するアンロードチャンバとを上記エッチングチャンバに隣接して設けるとともに、上記プレート部材を洗浄して上記ロードチャンバに搬送する洗浄部を設けたことから、エッチングチャンバにおける真空引き時間の増長や、基板表面のエッチングムラ、基板表面の規定外のエッチング形状等の問題を回避することができるようになる。また、このように装置を構成することや、さらに自動化処理できるように装置を構成することで、工程の信頼性が向上する。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明に係るエッチング方法を用いて作成した太陽電池素子を示す図である。

【図 2】 本発明に係るエッチング装置の一例を示す図である。

【図 3】 本発明に係るエッチング方法に用いるプレート部材の一例を示す図である。

【図 4】 本発明に係るエッチング方法に用いるプレート部材の設置方法の一例を示す図である。

【図 5】 本発明に係る連続式のエッチング装置の構成の一例を示す図である。

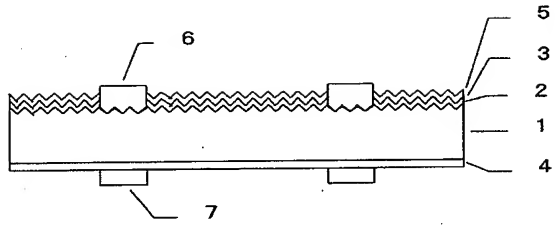
【図 6】 本発明に係るプレート部材清浄化工程の装置の一例を示す図である。

30

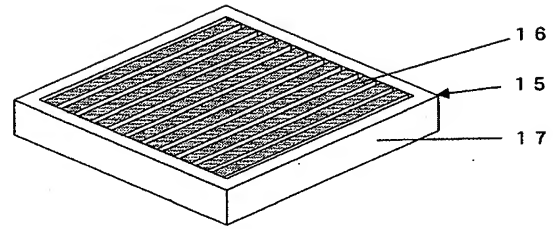
【符号の説明】

1 ; シリコン基板、 2 ; 凹凸、 1 5 ; プレート部材、 1 6 ; 開口部、 2 2 ; ロードチャンバ、 2 3 ; エッチングチャンバ、 2 4 ; アンロードチャンバ、 2 5 ; トレイ取り出し部、 2 6 ; トレイ投入部、 2 7 ; 基板供給収納部、 2 8 ; プレート部材洗浄部、 2 9 ; 基板供給収納位置、 3 3 ; 吸着水分除去位置、 3 4 ; 真空槽、 3 5 ; 水、 3 6 ; 水洗位置、 4 0 ; 水洗槽

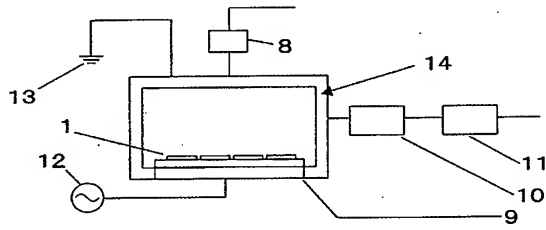
【図 1】



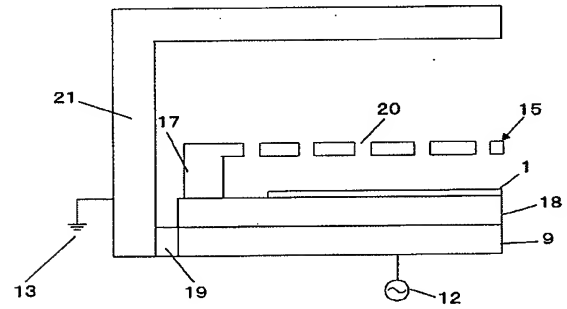
【図 3】



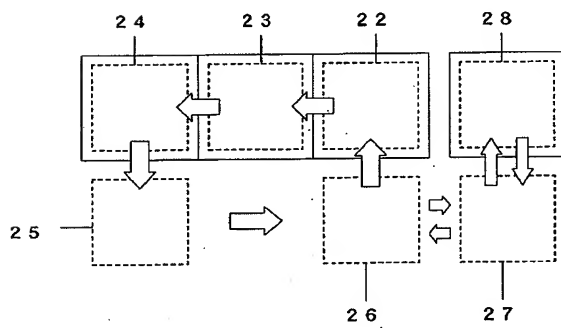
【図 2】



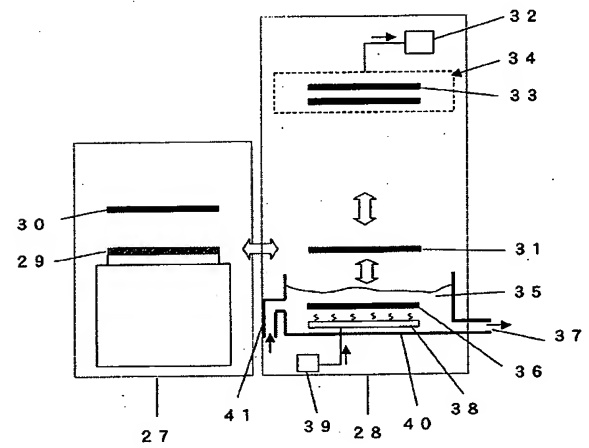
【図 4】



【図 5】



【図 6】



---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

## [Field of the Invention]

Especially this invention relates to the etching method and etching device which make the silicon substrate etc. which are used for a solar cell etc. the shape of a split face about the etching method of a substrate, and an etching device.

[0002]

## [Description of the Prior Art]

A solar cell transforms the light energy which entered into electrical energy. Main things are classified into a crystal system, amorphous system, and compound system etc. according to the kind of material of construction among solar cells. Among these, most is a crystal system silicon solar cell circulating in the present commercial scene. This crystal system silicon solar cell is further classified into a single crystal type and a polycrystallized type. Since a single crystal type silicon solar cell has the good quality of a substrate, while it has the strong point in which efficient-izing is easy, it has the demerit in which manufacture of a substrate becomes a high cost. On the other hand, since a polycrystallized type silicon solar cell is inferior in the quality of a substrate, although there is demerit in which efficient-izing is difficult, there is the strong point in which it can manufacture by low cost. These days on the research level, the conversion efficiency of about 18% is attained by improvement in the quality of a polycrystalline silicon board, and progress of cell-ized art.

[0003]

On the other hand, since the polycrystalline silicon solar cell of the volume production level was low cost, it had circulated in the commercial scene from the former, but while talking about an environmental problem in recent years, demand is increasing further, and higher conversion efficiency came to be searched for by low cost.

[0004]

In the solar cell, in order to raise the conversion efficiency to electrical energy, various trials have been made from the former. The one has art of reducing reflection of the light which enters into a substrate, and the conversion efficiency of electric ENERUGIHE can be raised by reducing reflection of the light in the surface.

[0005]

If the surface of a substrate is etched by alkaline aqueous solutions, such as sodium hydroxide, when forming a solar battery element using a silicon substrate, detailed unevenness is formed on the surface of a substrate, and reflection can be reduced to some extent. Although the pyramidal structure called texture structure by such a method can be uniformly formed on the surface of a substrate when a plane direction uses the single crystal silicon substrate of a field (100), Since it is dependent on the plane direction of a crystal, etching by an alkaline aqueous solution has the problem that pyramidal structure cannot be formed uniformly, therefore the whole reflectance cannot be reduced effectively, either, when forming a solar battery element with a polycrystalline silicon board.

[0006]

unevenness detailed on the surface in order to solve such a problem, when forming a solar battery element with polycrystalline silicon -- reactive ion etching (Reactive Ion Etching) -- forming by law is proposed (for example, refer to patent documents 1.). That is, detailed unevenness tends to be formed uniformly, without being influenced by the plane direction of the irregular crystal in polycrystalline silicon, and it is going to reduce reflectance more effectively also in the solar battery element using polycrystalline silicon.

[0007]

However, the formation conditions of the above unevenness are delicate, and change also with the structures of a device. When unevenness cannot be formed uniformly, the light which entered cannot be incorporated effective in a solar cell, and the photoelectric conversion

efficiency of a solar cell does not improve. The worth of each solar cell must raise the conversion efficiency of a solar cell, in order to reduce the cost, since it is decided by the generation efficiency.

[0008]

Generally the device used for a reactive-ion-etching method has a parallel-plate-electrodes type, impresses RF voltage to the electrode side which is installing the substrate, and connects the side attachment wall of one of other sides and an inside to a ground. After etching an etched substrate and completing etching, carrying out vacuum suction of this inside of a chamber, introducing etching gas, and holding a pressure uniformly, the inside of a chamber is returned to atmospheric pressure.

[0009]

Since such a procedure is stepped on, in a reactive ion etching system, the waiting time of vacuum suction and atmospheric leak is long. Although the reactive ion etching system was used for the small semiconductor device with precise LSI etc. in many cases, since a solar cell's own area was large when using for a solar cell, there was a problem that there was little processing number of sheets per time, and a manufacturing cost became high. Therefore, when using a reactive ion etching system for the manufacturing process of a solar cell, it is an important point how a high baton increases the processing number of sheets per time.

[0010]

After etching and carrying out surface roughening as one of the methods for raising a baton, making an etch residue adhere on the surface of a silicon substrate, take the method of removing this etch residue, but. In order to form quickly the residue which serves as a mask in the case of this etching, there is the method of covering and etching the substrate etched by the plate member in which many openings were formed (for example, refer to the application-for-patent No. 298671 [ 2001 to ] specification). While a concavo-convex formation speed becomes quick according to this method, the homogeneity of etching within a batch can improve and the processing number of sheets per time can be increased.

[0011]

If it etches by this method, an etch residue will adhere also to the surface by the side of the silicon substrate of a plate member. Although it is satisfactory between the first stages, if long term use of the etch residue adhering to a plate member is carried out, it will be deposited gradually, and will separate and fall from a plate member finally. Since unevenness will not be formed in the portion if residue separates and falls on a silicon substrate, nonuniformity occurs as a whole.

[0012]

Preliminary exhaust air is carried out until it becomes a setting pressure just before etching, when carrying out dry etching. This is for attracting the gas which stuck to the silicon substrate exposed to the atmosphere immediately before, the tray, etc., and not affecting an etching condition. If adhesion of residue increases in a plate member, the problem that adhesion of the moisture at the time of being exposed to the atmosphere, etc. will become intense, time when carrying out preliminary exhaust air will become long next time, and a baton will become late will occur.

[0013]

Since the amount of residue which will be etched if the coating weight of residue increases also increases, change of an etching condition is also produced. Then, the appearance of the surface of the etched silicon substrate will become what is different even in it.

[0014]

This invention is made in view of the problem of such conventional technology, and it aims at providing the method of etching uniformly the surface of a semiconductor substrate, especially the substrate used for a solar cell under a high baton, and its device.

[0015]

[Patent documents 1]

JP,60-27195,B

[0016]

[Means for Solving the Problem]

To achieve the above objects, in an etching method concerning claim 1. In an etching method which covers and carries out vacuum suction of the surface of a substrate carried in in an etching chamber by a plate member in which many openings were formed, introduces etching gas, and is made into the shape of a split face by the dry etching method, Before carrying out vacuum suction of the inside of said etching chamber, cleaning processing of said plate member is carried out.

[0017]

It is desirable for said cleaning processing to include a process of wet washing and heating in the above-mentioned etching method.

[0018]

In an etching device which covers and carries out vacuum suction of the surface of a substrate carried in in an etching chamber in an etching device concerning claim 3 by a plate member in which many openings were formed, introduces etching gas, and is made into the shape of a split face by the dry etching method, While adjoining said etching chamber and providing a load chamber which carries in said substrate in said etching chamber, and an unloading chamber which takes out said substrate from said etching chamber, A washing section which washes said plate member and is conveyed to said load chamber was provided.

[0019]

While carrying out the preliminary exhaust air of the inside of said etching chamber to specified pressure in the above-mentioned etching device before etching said substrate, When time concerning this preliminary exhaust air is measured and this time becomes longer than a set period, it is desirable to convey and wash said plate member to said washing section.

[0020]

When image processing of the surface of a substrate taken out from said unloading chamber is carried out in the above-mentioned etching device and abnormalities are discovered, it is desirable to convey and wash said plate member to said washing section.

[0021]

It is desirable to constitute said pure part from an above-mentioned etching device with a vacuum housing.

[0022]

[Embodiment of the Invention]

Hereafter, this invention is explained in detail based on an accompanying drawing.

Drawing 1 is a figure showing the structure of the etching method concerning this invention, and the solar battery element formed by an etching device. in drawing 1 -- 1 -- a silicon substrate and 2 -- the impurity diffused layer (BSF) by the side of a rear face and 5 show an antireflection film, 6 shows a surface electrode, and, as for the impurity diffused layer by the side of an acceptance surface, and 4, unevenness and 3 show the rear electrode 7.

[0023]

Said silicon substrate 1 is a silicon substrate of a single crystal or polycrystal. this substrate -- a p type and a n type -- any may be sufficient. In the case of single crystal silicon, it is formed of the Czochralski method etc., and, in the case of polycrystalline silicon, is formed of a casting process etc. Polycrystalline silicon can be mass-produced and is very more advantageous than single crystal silicon in respect of a manufacturing cost. The ingot formed of the Czochralski method or a casting process is sliced in thickness of about 300 micrometers, and it cuts in size of 15 cm x about 15 cm, and becomes a silicon substrate.

[0024]

The unevenness 2 is formed in the surface side of the silicon substrate 1 in order to incorporate effectively, without reflecting the entering light. This generates plasma by impressing RF power to the electrode which introduced gas in the chamber by which vacuum suction was carried out, held to the constant pressure, and was provided in the chamber, and etches the surface of the silicon substrate 1 by operation of the ion radical etc. which are the produced active species. This method called a reactive-ion-etching (RIE) method is shown like drawing 2 and drawing 3.

[0025]

in drawing 2 -- 1 -- a silicon substrate and 8 -- as for a vacuum pump and 12, an RF electrode and 10 are [ a ground and 14 ] chambers RF power and 13 a pressure regulator and 11 a massflow controller and 9. While introducing etching gas from massflow controller 8 portion in a device, generate plasma by supplying RF power from RF electrode 9, carry out excitation activation of ion or the radical, and it is made to act on the surface of the silicon substrate 1 installed in the upper part of RF electrode 9, and etches.

[0026]

Generally the method which enlarged the effect that ion acted on etching among the active species by which it was generated is called the reactive-ion-etching method. Although a plasma etching technique etc. are in a similar method, distribution of the kind of active species which is fundamentally the same as for the generating principle of plasma, and acts on the silicon substrate 1 is only changed to the distribution which changes with chamber structure, electrode structure, or generated frequency. Therefore, this invention is effective to a plasma etching technique not only a reactive-ion-etching method but at large.

[0027]

In this invention, for [ 5 minutes ] grade etching is carried out by 6 kW of RF power which generates 0.115sccm and oxygen ( $O_2$ ) for chlorine ( $Cl_2$ ), and generates the reaction pressure of 7 Pa, and plasma for 0.555slm and  $SF_6$  with a 0.491slm sink, for example. Thereby, the unevenness 2 is formed in the surface of the silicon substrate 1. If silicon is etched, it will be evaporated fundamentally, but molecules stick to a part, without the ability to evaporate, and it remains in the surface of the silicon substrate 1 as residue. That is, when carrying out surface roughening of the surface of the silicon substrate 1 by the reactive-ion-etching method and the similar dry etching method, The speed to which the surface of the silicon substrate 1 is made to carry out the reattachment of the etch residue which uses the etched silicon as the main ingredients is promoted, and the unevenness 2 is formed in the surface of the silicon substrate 1 by using this as a micro mask of etching. This etch residue is removed eventually.

[0028]

If a gas condition, reaction pressure, RF power, etc. are set as the conditions that the etch residue of silicon remains in the surface of the silicon substrate 1, the unevenness 2 can be formed certainly. However, it is necessary to optimize the aspect ratio of the unevenness 2. On the contrary, it is difficult to form the unevenness 2 on the conditions that an etch residue does not remain in the surface of the silicon substrate 1.

[0029]

In this invention, many openings 20 cover and etch the silicon substrate 1 by the formed plate member 15. By using such a plate member 15, generation of an etch residue is promoted and formation of the unevenness 2 is promoted in connection with this.

[0030]

An example of the plate member 15 is shown in drawing 3. the drawing 3 \*\*\*\* -- 15 shows a plate member, 16 shows an opening, and 17 shows a side attachment wall. This plate member 15 consists of aluminum, glass, etc. Although metal is preferred in respect of calling it the ease of carrying out of processing of the plate member 15, since it will corrode if put to the gas which etches silicon, stainless steel is unsuitable. On the other hand, during etching, since it is put to plasma, it generates heat. Although this temperature changes substantially by conditions, if are put to plasma, and temperature will rise and etching will be completed, in order to take out the silicon substrate 1 in the atmosphere, it is preferred that it is a thing of construction material which can be equal to up-and-down motion of temperature. Therefore, a glass material etc. are desirable when put to plasma.

[0031]

An example of the installation method of the plate member 15 and the silicon substrate 1 is shown in drawing 4. In drawing 4, a substrate tray and 19 show an insulator, 20 shows an opening, and 18 shows a chamber wall 21. As for the plate member 15 and the silicon substrate 1, it is desirable to hold and etch into a 5-30-mm interval. The effect which shuts up the residue which consists of a silicon compound which generates and volatilizes by doing in this way in the

case of etching between the silicon substrate 1 and the plate member 15 arises, and while it becomes easy to generate residue on the substrate 1 and it can promote formation of residue, formation of the unevenness 2 can be promoted. In 5 mm or less, when the opening 20 of the plate member 15 forms the unevenness 2, the interval of this plate member 15 and the silicon substrate 1 is transferred by the surface of the silicon substrate 1 as a pattern, and serves as nonuniformity. In not less than 30 mm, the effect which forms residue quickly and promotes formation of the unevenness 2 becomes weak.

[0032]

Although formation of residue can be accelerated by covering the silicon substrate 1 etched in this way by the plate member 15 and formation of the unevenness 2 can be brought forward, it adheres also to the surface by the side of the silicon substrate 1 of the plate member 15 at the same time residue generates on the silicon substrate 1. Various problems which were mentioned above when the residue adhering to the surface by the side of the silicon substrate 1 of the plate member 15 increased occur.

[0033]

In this invention, before the etch residue of the quantity more than the constant rate in the surface by the side of the silicon substrate 1 of the plate member 15 accumulates, cleaning processing is carried out. Before this cleaning processing carries in a tray in a chamber, it is performed by the atmosphere side.

[0034]

As for this cleaning processing, it is desirable to include the process of wet washing and heating. It is desirable to perform wet washing by rinsing from a point of the ease of treating. This rinsing can use methods, such as ultrasonic cleaning and jet spraying. It is also effective to add a detergent when it is hard to remove rinsing.

[0035]

It heat-treats, after performing this wet washing. When it etches the silicon substrate 1 within an etching chamber, in order that this heat-treatment may stabilize an etching state promptly and may raise the total baton of a device, it is performed.

[0036]

After carrying out wet washing of the plate member 15, it is necessary to make it dry but, and this desiccation may be used also [ heat-treatment ] and may be performed by a separated process. This desiccation may only heat-treat, and may blow gases, such as air and nitrogen, for example, or may use these together. Carrying out by spin-dry is also possible.

[0037]

Drawing 5 is a figure showing the composition of the etching device which provided the washing section which washes a plate member. in drawing 5 -- 22 -- a load chamber and 23 -- a tray takeoff connection and 26 show a tray throwing part, 27 shows a substrate supply stowage, and, as for an unloading chamber and 25, an etching chamber and 24 show a washing section 28.

[0038]

In this device, the washing section and heating unit of the plate member are included in the etching device. Since it can supply to the etching chamber 23 immediately before getting cold the heated plate member 15 while unreasonableness is lost to work by this, the mechanism of plate washing and heating can be utilized effectively.

[0039]

It is desirable to monitor the reserve evacuation time in the etching chamber 23, to take out the plate member 15 automatically in the etching device in this invention, when it becomes longer than a set period with this time, and to make it supply to a cleaning processing process. With constituting in this way, an etching condition can be prevented from changing carelessly during continuous running, it is stabilized, and continuous operation becomes possible. If residue comes to adhere to the plate member 15 in large quantities, since the amount of adsorption of the gas to residue will increase gradually, if the time of vacuum suction, especially the reserve high vacuum exhaust air (exhaust air before etching) in the etching chamber 23 becomes long and runs continuously, the baton of a device will fall, but. In this invention, such a problem is solvable.

[0040]

In this invention, when storing a substrate in the substrate supply stowage 27, image processing on the surface of etching is performed. If there are abnormalities in the case of being outside the range which the case where garbage appears on the surface of the silicon substrate, and the color after etching set up, etc., it is desirable to put automatically the plate member used when forming this silicon substrate into a cleaning processing process. Nonuniformity can be prevented from the residue adhering to a plate member falling on a substrate, and occurring continuously with constituting in this way.

[0041]

Also when the residue adhering to a plate member increases too much, the amount of adsorption gas increases and an etching condition comes to change, it can prevent continuing at the time of continuous running and performing etching besides regulation by supplying the plate member 15 to a cleaning processing process automatically.

[0042]

An example of this cleaning processing process is shown in drawing 6. In drawing 6, a substrate supply stowage and 28 27 A plate member washing section, 29 -- a substrate supply stowed position and 30 -- a plate member retreating position and 31 -- a plate member movement zone and 32 -- a vacuum pump and 33 -- an adsorption moisture removing position and 34 -- a vacuum chamber and 35 -- water and 36 -- hot wind spurting parts and 39 show a hot wind generating part, 40 shows a rinsing layer, and, as for a draining part and 38, a rinsing position and 37 show a water supply part 41.

[0043]

It is desirable to give a vacuum suction function at said cleaning processing process. Since moisture is sticking to the plate member which carried out cleaning processing on the surface, vacuum suction becomes late easily, but when the substrate tray which carried the plate member immediately after processing at a cleaning processing process by constituting in this way performs reserve high vacuum exhaust air by an etching chamber, vacuum suction becomes early.

[0044]

However, as for the plate member concerned, even if it constitutes so that a plate member may be automatically supplied to a cleaning processing process when vacuum suction time is long as mentioned above, after performing cleaning processing, it is desirable to form interlock so that it may not supply to a cleaning processing process between the numbers of batches set up separately. It is because the substrate tray which carried the plate member immediately after a cleaning processing process injection usually has late vacuum suction compared with the thing under operation, so the plate member immediately after a cleaning processing process injection will be repeatedly supplied to washing-ized down stream processing if interlock is not formed.

[0045]

The tray which finished etching and has returned to the supply stowage 27 is installed in the supply stowed position 29. In order to carry out supply storage of the substrate, a plate member is moved to the plate member retreating position 30. When carrying out cleaning processing of this plate member, it is made to move to the plate member movement zone 31, and it is made to move to the rinsing position 36 by a conveyer separately. The water 35 is put into the rinse tank 40, and wet washing of the plate member is put in and carried out into this rinse tank 40. Water is supplied to the water 35 in the rinse tank 40 from the water supply part 41, and it is discharged from the draining part 37. It is effective if a shower, a jet stream, stirring, etc. are used together in the midst of having rinsed with the rinse tank 40. After wet washing performs cleaning processing in the rinse tank 40, the water 35 in the rinse tank 40 is drained, and goes into a drying process. The hot wind generated in the hot wind generating part 39 is made to blow off from the hot wind spurting parts 38, and it guesses and dries to a plate member. The dry plate member moves to the adsorption moisture removing position 33 in the vacuum chamber 34, it is sealed and vacuum suction is carried out with the pump 32. What (un-illustrating) is heat-treated simultaneously with vacuum suction is desirable.

[0046]



### [Effect of the Invention]

As mentioned above, in the etching method of the substrate which according to the etching method concerning claim 1 covers the surface of the substrate processed by the plate member in which many openings were formed, and is made into the shape of a split face by the dry etching method, Since cleaning processing of the above-mentioned plate member is carried out before carrying out vacuum suction of the inside of the above-mentioned etching chamber, problems, such as impudence of the vacuum suction time in an etching chamber and an etching configuration besides the etching unevenness of a substrate face and regulation of a substrate face, can be avoided.

### [0047]

In the etching device which according to the etching device concerning claim 3 covers the surface of the substrate carried in in the etching chamber by the plate member in which many openings were formed, and is made into the shape of a split face by dry etching, While adjoining the above-mentioned etching chamber and providing the load chamber which carries in the above-mentioned substrate in said etching chamber, and the unloading chamber which takes out the above-mentioned substrate from the above-mentioned etching chamber, Since the washing section which washes the above-mentioned plate member and is conveyed to the above-mentioned load chamber was provided, problems, such as impudence of the vacuum suction time in an etching chamber and an etching configuration besides the etching unevenness of a substrate face and regulation of a substrate face, can be avoided. The reliability of a process improves with constituting a device in this way or constituting a device so that automation processing can be carried out further.

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a figure showing the solar battery element created using the etching method concerning this invention.

[Drawing 2] It is a figure showing an example of the etching device concerning this invention.

[Drawing 3] It is a figure showing an example of a plate member used for the etching method concerning this invention.

[Drawing 4] It is a figure showing an example of the installation method of a plate member used for the etching method concerning this invention.

[Drawing 5] It is a figure showing an example of the composition of the etching device of the continuous system concerning this invention.

[Drawing 6] It is a figure showing an example of the device of a plate member pure chemically-modified [ concerning this invention ] degree.

### [Description of Notations]

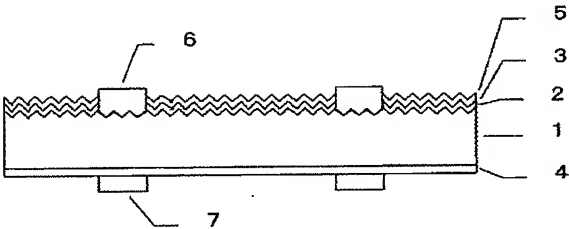
1; A silicon substrate, 2; unevenness, 15; plate member, 16; opening, 22; load chamber, 23; etching chamber, 24; An unloading chamber, 25; tray takeoff connection, 26; tray throwing part, 27; board supply stowage, 28; plate member washing section, 29; board supply stowed position, 33; adsorption moisture removing position, 34; vacuum chamber, 35; water, 36; rinsing position, 40; rinse tank

---

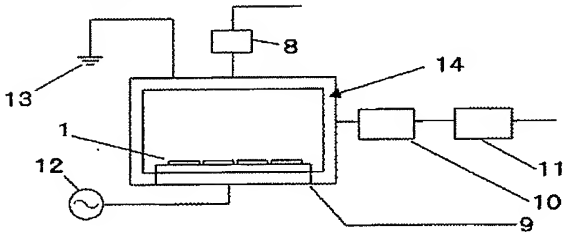
[Translation done.]

DRAWINGS

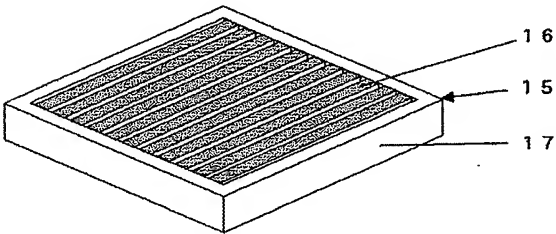
[Drawing 1]



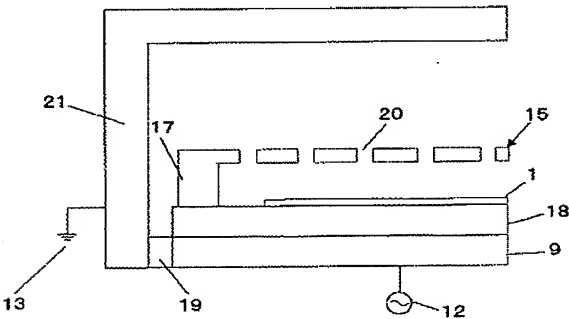
[Drawing 2]



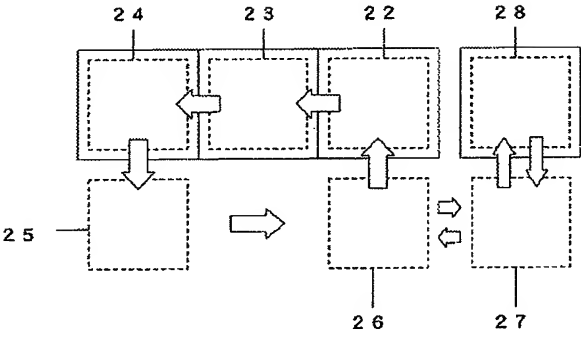
[Drawing 3]



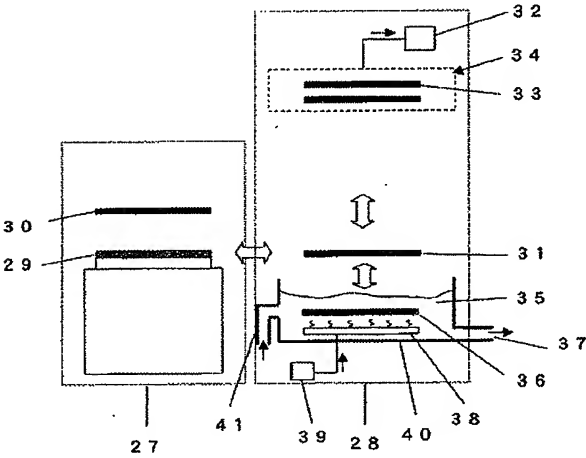
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]